

# Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte I)

**I. Vidaud, Z. Frómeta, y E. Vidaud**

<sup>1</sup>Procedimiento muy conocido para la fabricación de productos de fibrocemento; particularmente adecuado para la fabricación de productos acabados en forma de placa plana, ondulada o cilíndrica. Adaptado de: <http://patentados.com/patente/>

**E**l empleo de morteros y concretos reforzados con fibras se ha generalizado en las últimas décadas con múltiples e impresionantes aplicaciones. Podría parecer una tecnología novedosa; sin embargo tiene sus antecedentes en la antigüedad, en aquellos primeros constructores que ya se esforzaban para dotar al concreto primitivo de mayor resistencia y durabilidad. No es casual entonces que se afirme por diversas fuentes, que el empleo de las fibras como refuerzo es una invención que data de varios siglos atrás; abarcando distintas formas y con muy diversos materiales.

Hoy es casi habitual la construcción utilizando concretos reforzados con fibras (Fiber Reinforced Concrete, FRC por sus siglas en inglés) en: pisos industriales, concreto proyectado para el sostenimiento de túneles y taludes, estructuras a base de elementos de concreto prefabricado, entre otras muchas más aplicaciones. Sin embargo, se utilizaron fibras naturales desde tiempos muy antiguos para reforzar materiales frágiles utilizados en la construcción; es el caso de las cerdas de crin de caballo adicionadas a morteros, y la paja para reforzar ladrillos de barro. Esta última hoy todavía se continúa utilizando en países en vías de desarrollo por su adecuado desempeño y bajo coste. Como evidencia de lo anterior, hace referencia la literatura a la vivienda considerada como la más antigua de los Estados Unidos; construida hacia 1540 y que fue erigida a base de ladrillos de adobe cocidos al sol y reforzados con paja. Otras fibras naturales como las de yute y bambú, de excelente módulo de elasticidad en fibras largas;

Figura 1



fueron utilizadas también por civilizaciones antiguas para mejorar la calidad de ladrillos secados al sol, bloques y morteros.

Más recientemente, y a escala comercial, hacia el año 1900 se comenzaron a emplear las fibras de asbesto incorporadas a la matriz de pasta de cemento. Este hecho tuvo su primer intento en 1898, con la invención del proceso Hatschek <sup>(1)</sup>; aunque posteriormente se tornó una adición muy controversial debido a que se le atribuyeron determinados efectos dañinos en la salud humana.

Es entonces que hacia principios del siglo XX, con el avance tecnológico en el sector de la construcción, se comienza a investigar en torno a la incorporación de fibras al concreto y sus principales ventajas. Como antes se evidenció, inicialmente los estudios abarcaron a las fibras de origen natural. En 1910, se comprobó por ejemplo que el concreto podía mejorar algunas de sus propiedades físicas mediante la incorporación de pesuñas cortadas y de espigas de trigo; logrando con este refuerzo aumentar principalmente su resistencia. Es así como entonces aparece el concepto de "materiales compuestos" hacia los años 50, hecho con el que los FRC comienzan a ocupar un sitio importante en las investigaciones.

Se considera que el principal detonante de las investigaciones en torno a los FRC lo constituyó el cuerpo de Ingenieros del Ejército Americano; porque durante las primeras décadas de la segunda mitad del siglo XX trabajó de forma importante por encontrar adiciones que mejoraran la resistencia del concreto bajo los más elevados esfuerzos y soportando la potencia de los explosivos. El propósito de estas investigaciones tenía su mayor interés en la construcción de instalaciones militares en eventuales zonas de conflicto; destacando por ejemplo: casamatas, pistas de aviación, silos para misiles, entre otras. Es así como se comenzó a desarrollar la adición al concreto de fibras de los más disímiles materiales: acero, sintéticos y hasta fibras vegetales.

Por estos años, y en un intento por reducir el espesor de los elementos de concreto y hacerlos más aptos para su uso en cerramientos de fachada, se utiliza por primera vez la fibra de vidrio adicionada al concreto en la antigua Unión Soviética. Rápidamente se extendió su empleo y se suscitaron múltiples investigaciones que en los primeros años versaron alrededor de su efecto en las reacciones álcali – agregado. Esta fibra comenzó entonces a utilizarse a partir de la década de los 60, como sustitución de las fibras de asbesto; una de las que impulsó a los hoy denominados Concretos Reforzados con Fibras Naturales.

Figura 2



Fibras de acero.  
Fuente: <http://fibratech.all.biz/es/fibra-de-acero-del-refuerzo-g2034241>

Figura 3



Fibras de estopa de coco.  
Fuente: <http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/>

Conforme a:

| ASTM C39 – AASHTO T22 |

# Nuevas prensas automáticas AUTOMAX y PILOT El poder de la innovación

**CVI TECH**

CUSTOMER'S VALUE  
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:

**EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.**

Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,  
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.  
Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

**CONTROLS** Your Partners  
Masters of Technology

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)  
[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)



# ADVANTEST

**Un sistema  
servo-hidráulico  
multifunción para  
ensayos bajo**

**CONTROL  
DE CARGA**

**CONTROL DE  
DESPLAZAMIENTO Y  
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:  
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

## VARIAS CONFIGURACIONES

### CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS



### CONCRETO LANZADO Y REFORZADO CON FIBRAS



### ROCAS: PRUEBAS UNIAXIALES Y TRIAXIALES



<sup>2</sup> En ciencia de materiales, la tenacidad es la energía total que absorbe un material antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto, por acumulación de dislocaciones. Se debe principalmente al grado de cohesión entre moléculas. Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tenacidad>

En las décadas de los años 50 y 60 de ese mismo siglo, continuaron las investigaciones en el campo de las fibras naturales, llegando a concluir que estas podían ser exitosamente utilizadas para la producción de planchas finas para muros y cubiertas. Asimismo, se concentró también la atención en las fibras de acero. Particularmente, Romualdi y Wiliamson, posterior a la II Guerra Mundial aseveraron que con su empleo se incrementaba la resistencia a tensión del concreto. En ese momento comenzaba a evaluarse que la adición de estas fibras añadían a la matriz de concreto una red de pequeñas armaduras que le proporcionaban también una mayor tenacidad <sup>(2)</sup>. He ahí el primer intento de los hoy denominados concretos reforzados con fibras de acero.

Ya en la década de los 90, con el auge de la construcción prefabricada, comienza a popularizarse el concreto reforzado con fibra de vidrio, surgiendo incluso una institución que regula su empleo: la Asociación Internacional del Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio (GRCA por sus siglas en inglés). Al mismo tiempo se desarrollaron investigaciones en torno a la incorporación de las fibras sintéticas; que añadidas al concreto conseguían también mejorar sus propiedades (sobre todo en estado plástico) y presentando otras ventajas adicionales. Entre estas ventajas adicionales pueden mencionarse su menor peso si se compara por ejemplo con las de acero, y sobre todo la ausencia de corrosión de este tipo de fibras.

Dentro de estas fibras sobresalen las de polipropileno, que hoy conforman los denominados concretos reforzados con fibras de polipropileno. Los estudios acerca de estas fibras se iniciaron en los años 60, cuando la División de Desarrollo de la Armada de los Estados Unidos las consideró el material sintético más apropiado para el concreto, desde el punto de vista de desempeño y economía.

Debido principalmente al desarrollo en la industria militar, puede entonces afirmarse que los estudios de FRC tuvieron un importante avance a finales del siglo XX. Ya hacia la década de los años 80 y hasta nuestros días, la industria civil ha continuado su desarrollo independiente con la colaboración de las universidades y otros especialistas; con avances significativos tanto en la tecnología del concreto como en la fabricación de las fibras. Hoy en día se obtienen los FRC a partir de muy diversos materiales y formas, y para multiplicidad de aplicaciones en la industria de la construcción. En apretada síntesis los principales hitos en la evolución de estos materiales pueden apreciarse en la gráfica representada en la figura 1.



Figura 4



Figura 5

Fibras de polipropileno.



Fuente: <http://briture.en.made-in-china.com/offer/obi-mwzNcllVM/>

Gráfica que muestra la diversidad de formas de las fibras de acero utilizadas para los SFRC.



Fuente: Adaptado de Nemati K., 2013.

Resultados de las más variadas investigaciones en torno al empleo de las fibras en concreto, fueron recogidos y publicados durante décadas por instituciones y sociedades profesionales. Los primeros pronunciamientos tienen lugar en 1973, cuando el Comité ACI 544 publicó lo que se conoció como el estado del arte del tema; así como divulgó también su reporte el Comité RILEM (Red Internacional de Laboratorios de Ensayos de Materiales) de compuestos de cemento reforzados con fibras.

Diferentes normativas como ACI, ASTM, RILEM, el código europeo EFNARC, entre otras; reconocen entonces desde la segunda mitad del siglo XX a los FRC, o también llamados concretos fibroreforzados a aquellos elaborados a partir de un conglomerado hidráulico (generalmente cemento Portland), agregados (fino y grueso), agua, y fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa. Es así como se desarrolla toda una tecnología con la adición al concreto de fibras de los más diversos materiales; agrupándose hoy según gran parte de la literatura especializada en cuatro grandes grupos: metálicas, vidrio, naturales y sintéticas.

Entre las metálicas como las más comunes resaltan las fibras de acero de carbono y ligados, y de aluminio; mientras que otra gran variedad cubre a las naturales; destacándose el asbesto, la celulosa, el carbón y varias fibras vegetales como la de estopa de coco, sisal, lechuguilla, entre otras. Por último, destacan entre las sintéticas el nylon, polietileno de alta densidad, polipropileno, aramida, acrílico, poliéster, poliacrilo, entre otras (Figs. 1, 2 y 3).

Puede afirmarse que el empleo de las fibras en el concreto constituye una de las innovaciones más relevantes en el campo de los concretos especiales; pues estas adiciones provocan una sustancial modificación de la respuesta del material. Respalda muchas y variadas investigaciones por todo el orbe que las fibras actúan como refuerzo, el que se traduce en una mejora de algunas de sus propiedades entre las que sobresalen como más significativas: la tenacidad, el control de la fisuración, y la resistencia a la flexotensión.

Según se aprecia en las fotografías anteriores, las fibras para adiciones son elementos de corta longitud y sección disminuida, caracterizadas dimensionalmente por su longitud ( $l_f$ ), diámetro equivalente ( $d_f$ ) y esbeltez ( $\lambda$ ), además de por su resistencia a la tensión; desde el punto de vista estructural. Pueden tener formas muy variadas: desde rectas, onduladas, plegadas, hasta otras conformadas de distintas formas en los extremos (Fig. 5).

Tal y como se puede valorar, la materia prima fundamental para la producción de un FRC, está muy relacionada con la forma de clasificar las fibras para concreto. Ya dentro de cada una de estas clasificaciones se ofrecen cambios que propician la caracterización de muy diversos concretos reforzados con fibras; atendiendo a las geometrías, la distribución, la orientación y la densidad.

En la segunda parte de este escrito se hará referencia a la forma de trabajo de los FRC; así como a la singularidad del cálculo de elementos de concreto fibroreforzado y sus aplicaciones. **C**

## BIBLIOGRAFÍA:

- Farrés Picañol J., Serrat Genescà M., "Ensayo de Placa Para la Evaluación de la Tenacidad del Hormigón Proyectado Con Fibras: Revisión Crítica de las Técnicas de Ensayo", *Anales de Construcciones y Materiales Avanzados*, Vol 6, Curso 2006-2007. pp 43-53.
- Masciotra G. "Fibras para refuerzo de hormigón y morteros", *Revista Hormigonar*, Año 3, Edición No. 7, 2005. pp 16 – 23.
- Nematí K., "Progress in concrete technology. Fiber Reinforced Concrete", *CM 425, Concrete Technology*, University Of Washington, 2013.
- Quintero S. L., González L. O., "Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto", *INGENIERÍA & DESARROLLO*, Universidad del Norte, No. 20, pp 134-150, 2006, ISSN: 0122-3461.